

Programação da irrigação pelo método do balanço de água no solo

II. aplicação – culturas anuais*

Aureo S. de Oliveira**

Vital Pedro da S. Paz**

Gustavo Luiz B. D'Angiolella***

Francisco Adriano de C. Pereira**

Este artigo, em sua segunda parte, tratará de aspectos mais práticos, incluindo exemplos de aplicação. Na primeira parte, por Oliveira et al. (2001), discutiram-se os fundamentos do método. Assim, recomenda-se aos colecionadores da revista Bahia Agrícola rever o Artigo 1, para melhor compreensão do tema abordado.

Pretende-se nesta etapa, apontar os procedimentos necessários à aplicação do método do balanço hídrico na zona radicular das plantas (BHR), visando o adequado manejo

da água de irrigação em culturas anuais. A essência do método consiste em se contabilizar diariamente a variação do teor de água no solo, pelo controle das entradas (irrigação e chuva) e saídas (evapotranspiração e drenagem) de água na zona radicular, obtendo-se, assim, uma estimativa da lâmina d'água a ser aplicada em cada irrigação. Matematicamente, a contabilização é dada pela seguinte equação do BHR, aqui rerepresentada com ligeira alteração na nomenclatura. Os métodos para determinação da ETA serão mostrados adiante.

$$LE_{hj} = LE_{ot} - P - LLi + Dp + ETa \quad (1)$$

onde: LE_{hj} = lâmina d'água extraída da zona radicular das plantas acumulada até hoje (mm); LE_{ot} = lâmina d'água extraída da zona radicular das plantas acumulada até ontem (mm); P = chuva acumulada no período (mm); LLi = lâmina líquida de irrigação acumulada no período (mm); Dp = drenagem profunda acumulada no período (mm) e ETa = evapotranspiração atual da cultura acumulada no período (mm).

*A primeira parte deste artigo foi publicada na revista Bahia Agrícola, v.4, n.1, p.52-59, nov.2001(OLIVEIRA, A. S. de et al.).

**Professor do Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da UFBA, campus de Cruz das Almas, Bahia; e-mail: aureo@ufba.br ypspaz@ufba.br pereiras@ufba.br

***Gerente de Projetos da Dzeta Engenharia, Brasília, DF; e-mail: gustavo@dzetaengenharia.com.br

Necessidade hídrica das culturas

Cada espécie vegetal apresenta uma necessidade hídrica específica para manter o seu ciclo (da germinação à colheita ou senescência) e garantir a sua perpetuação. O termo necessidade hídrica leva ao conceito de evapotranspiração (ET), que compreende o total de água transferida para a atmosfera na forma de vapor, simultaneamente pela evaporação do solo (E) e pela transpiração vegetal (T). A ET é a principal via de saída de água do volume de solo explorado pelas raízes da planta e a partir da sua definição chega-se a quantidade de água que precisa ser reposta à cultura pela irrigação (ou chuva) a fim de garantir o bom desenvolvimento e uma boa produção.

A obtenção precisa da ET é essencial a um bom planeamento da irrigação. É importante salientar também que a ET varia com a fase do ciclo da cultura e, portanto, a quantidade de água a ser aplicada varia com a idade da planta. Devido às particularidades de cada cultura e às dificuldades envolvidas na determinação do respectivo requerimento de água, idealizou-se um procedimento para a obtenção da ET em duas etapas, a saber: a) a determinação da ET da cultura de referência (ET_o) e b) a determinação do coeficiente de cultura (K_c). Assim, para aplicação desse método é suficiente dispor do apropriado valor do coeficiente de cultura e utilizar a equação 2:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \quad (2)$$

onde ET_c = ET da cultura que se deseja irrigar (mm/dia); ET_o = ET da cultura de referência (mm/dia) e K_c = coeficiente de cultura.

Na equação 2, a ET_c representa condições de máxima ET, o que ocorre quando a planta não sofre deficiência de água. Na prática, utiliza-se o conceito de ET real ou atual (ET_a), corrigindo-se a ET_c por um outro fator (equação 3):

$$ET_a = K_s \cdot ET_c = K_s \cdot K_c \cdot ET_o \quad (3)$$

onde K_s = coeficiente de secamento do solo.

O coeficiente K_s varia de 0 a 1 e depende da quantidade de água extraída do solo. Sobre a ET_o, como se sugeriu anteriormente, a sua determinação poderá ser feita pela equação de Hargreaves (HARGREAVES et al., 1985), a partir de dados de temperatura máxima e mínima do ar. Conhecida a ET_o, resta definir o valor adequado do K_c para uma dada cultura e localidade.

Várias fontes recomendam valores de K_c para um amplo elenco de culturas anuais e perenes e as principais incluem os manuais 24 (DOORENBOS; PRUITT, 1977) e 56 (ALLEN et al., 1998) da FAO, órgão das Nações Unidas. Os dados de K_c indicados nessas publicações têm ampla aceitação mundial, sendo a melhor alternativa quando valores locais não estejam ainda disponíveis. No Brasil, Albuquerque et al. (2002) sistematizaram, por região, valores de K_c de algumas culturas anuais e Marouelli et al. (2001) apresentaram coeficientes de cultura para as principais hortaliças.

Obtendo o K_c para culturas anuais

O procedimento apresentado para obtenção do K_c segue a metodologia proposta por Doorenbos e Pruitt (1977), segundo a qual o ciclo das culturas anuais é dividido em quatro estádios fenológicos, descritos a seguir:

Estádio 1 – Inicial: entre o plantio (semeadura ou transplante) até a cultura cobrir em torno de 10 % da área cultivada, quando o solo ainda está em grande parte exposto. Neste estádio, o K_c é assumido constante com o tempo.

Estádio 2 – Vegetativo: entre o final do Estádio 1 até a cultura cobrir em torno de 70 % a 80 % da área cultivada ou a cultura atingir o pico de uso de água, o que ocorrer primeiro, deixando o solo efetivamente coberto,

sendo de visualização mais difícil. Neste estádio, o K_c varia com o tempo.

Estádio 3 – Produção: entre o final do Estádio 2 até o início da maturação da parte econômica da planta; o final do Estádio 2 é seguido da floração, formação e desenvolvimento do fruto. Alguns sinais visuais caracterizam o início desse estádio, a exemplo da mudança de coloração das folhas, com indícios de senescência e consequente declínio no uso de água pela cultura. Assim como no Estádio 1, no 3 K_c também é assumido constante. Para as culturas em geral é o período mais crítico à deficiência hídrica.

Estádio 4 – Maturação: entre final do Estádio 3 e a maturidade fisiológica ou colheita, que pode significar, em alguns casos, a senescência completa das plantas. Nestes casos, o consumo de água pela cultura cessa ou torna-se mínimo por ocasião da colheita. O K_c também varia com o tempo.

Estes dados são de caráter geral. Cada cultura deve ser analisada levando-se em conta as suas características específicas de crescimento, arquitetura foliar, densidade de plantio, entre outras.

A representação gráfica da variação do K_c ao longo do ciclo da cultura, constitui a *curva do coeficiente de cultura*. Aqui, a variação do K_c será apresentada em função da fração do ciclo da cultura (F_c), que corresponde à relação entre o tempo decorrido desde o plantio (semeadura ou transplante) e a duração total do ciclo da cultura. Assim, F_c varia de 0 a 1, sendo F_c = 0 na semeadura e F_c = 1 na colheita.

O Exemplo Prático 1 mostra o procedimento para determinação do valor de F_c correspondente a cada um dos estádios da cultura do algodão. Segundo Bezerra et al. (1999), o ciclo do algodão herbáceo varia de 100 a 120 dias (cultivar ciclo curto), 130 a 150 dias (ciclo médio) e de 160 a 200 dias (ciclo longo).

Exemplo Prático 1**Dados:**

Estádios do ciclo do algodoeiro, cultivar CNPA 7H, adaptadas de Souza e Beltrão (1999):

Estádio 1: 20 dias (plantio até 10 % da cobertura do solo)

Estádio 2: 32 dias (final do Estádio 1 até o aparecimento da primeira flor)

Estádio 3: 38 dias (final do Estádio 2 até o aparecimento do primeiro capulho)

Estádio 4: 40 dias (final do Estádio 3 até a maturação – maçãs completamente abertas)

Pede-se:

Determinar o valor de Fc correspondente a cada um dos estádios de crescimento.

Resposta:

Ciclo total: $20 + 32 + 38 + 40 = 130$ dias

Plantio: $0 / 130 = 0$

Fc para Estádio 1 (F_{c_1}): $20 / 130 = 0,15$

Fc para Estádio 2 (F_{c_2}): $(20 + 32) / 130 = 0,40$

Fc para Estádio 3 (F_{c_3}): $(20 + 32 + 38) / 130 = 0,70$

Colheita: $130 / 130 = 1$

Exemplo Prático 2**Dados:**

Informações e resultados do Exemplo Prático 1.

Pede-se:

Construir a curva do Kc para o algodoeiro CNPA 7H (Figura 1).

Resposta:

A Tabela 1 sintetiza as informações necessárias à construção da curva do Kc para a cultura do algodão (Figura 1), a partir dos dados e resultados do Exemplo Prático 1 e com valores de Kc recomendados por Allen et al. (1998).

Tabela 1
Duração, fração do ciclo (Fc) e coeficiente de cultura (Kc) por estágio fenológico para a cultura do algodão herbáceo

Estádio	Descrição	Duração (dias)	Fc (decimal)	Kc
Plantio	-	0	0	0,35
1	Inicial	20	0 – 0,15	0,35
2	Vegetativo	32	0,15 – 0,40	Função do tempo
3	Produção	38	0,40 – 0,70	1,15
4	Maturação	40	0,70 – 1	Função do tempo
Colheita	-	130	1	0,65
Ciclo	-	130	0 – 1	-

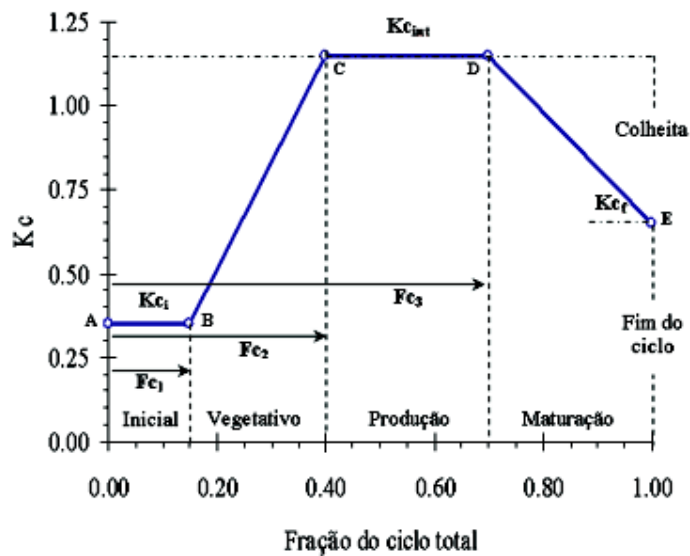


Figura 1 – Curva do Kc para a cultura do algodão herbáceo, onde os índices i (inicial), int (intermediário) e f (final) representam para o Kc os valores do Estádio 1, do Estádio 3 e o valor final (colheita).

$$Kc = Kc_i + (Kc_{int} - Kc_i) \cdot \left(\frac{Fc - Fc_1}{Fc_2 - Fc_1} \right) \quad (4)$$

$$Kc = Kc_{int} + (Kc_{int} - Kc_f) \cdot \left(\frac{Fc - Fc_3}{1 - Fc_3} \right) \quad (5)$$

onde Fc = fração do ciclo total da cultura para a qual se deseja obter o correspondente Kc.

Na seqüência é apresentado o Exemplo Prático 3, que ilustra a obtenção do Kc segundo a metodologia apresentada neste trabalho.

Exemplo Prático 3

Dados:

Assumindo que na região de Guanambi, Bahia, o algodoeiro CNPA 7H é semeado no final da primeira quinzena de outubro (dia 15) e colhido em torno de 18 de fevereiro, determinar a partir da curva da Figura 1, o Kc em 30 de outubro, 30 de novembro, 30 de dezembro e 30 de janeiro.

Resposta:

As seguintes etapas devem ser seguidas:

- (1) Determinar o comprimento do ciclo da cultura na região
- (2) Determinar o valor de Fc correspondente a cada data
- (3) Determinar o Kc para cada data, como solicitado.

Etapa (1):	Outubro	16 dias (de 15 a 31 de outubro)
	Novembro	30 dias
	Dezembro	31 dias
	Janeiro	31 dias
	Fevereiro	18 dias (de 1 a 18 de fevereiro)
	Total	126 dias

continua

Observa-se que a construção de uma curva como a da Figura 1, requer: a) conhecimento para a cultura, região e época de plantio, o início e o término de cada um dos estádios, ou seja, a duração de cada estágio de crescimento e, b) conhecimento dos valores de Kc_i , Kc_{int} e Kc_f correspondentes aos pontos A, C e E, respectivamente.

A partir da curva pode-se determinar, para qualquer dia e estágio do ciclo da cultura, o correspondente Kc e usá-lo na estimativa da ETA (equação 3). Para os Estádios 2 e 4, desde que o Kc varie continuamente com o tempo, alguns autores recomendam usar valores médios de Kc para cada um deles de forma a tornar mais fácil e prático o uso da curva do Kc na irrigação da cultura. De acordo com este procedimento, os valores de Kc para os Estádios 2 e 4 também seriam constantes. Apesar de ser um procedimento simples, isso pode gerar erros na estimativa da ETA. Sugere-se, então, interpolações como apresentadas na equação 4 (Estádio 2) e na equação 5 (Estádio 4).

Etapa (2):

Data	Dias após plantio	Fração do ciclo (Fc)	Estádio do ciclo da cultura
15/10	0	0	-
30/10	15	$15 / 126 = 0,12$	1
30/11	46	$46 / 126 = 0,36$	2
30/12	76	$76 / 126 = 0,60$	3
30/01	107	$107 / 126 = 0,85$	4
18/02	126	1	-

Etapa (3): Da Figura 1 tem-se: $Fc_1 = 0,15$; $Fc_2 = 0,40$; $Fc_3 = 0,70$;
 $Kc_i = 0,35$; $Kc_{int} = 1,15$; $Kc_f = 0,65$

30/10 → $Fc = 0,12$ → entre 0 e Fc_1 → então $Kc = Kc_i = 0,35$
 30/11 → $Fc = 0,36$ → entre Fc_1 e Fc_2 → então usar equação 4
 $Kc = 0,35 + (1,15 - 0,35) \cdot [(0,36 - 0,15) / (0,40 - 0,15)]$
 $Kc = 1,02$

30/12 → $Fc = 0,60$ → entre Fc_2 e Fc_3 → então $Kc = Kc_{int} = 1,15$
 30/01 → $Fc = 0,85$ → entre Fc_3 e 1 → então usar equação 5

$Kc = 1,15 - (1,15 - 0,65) \cdot [(0,85 - 0,70) / (1 - 0,70)]$
 $Kc = 0,90$

Manejo da irrigação pelo método do balanço hídrico

Exemplo Prático 4

Dados:

Informações e resultados do Exemplo Prático 2, acrescidos dos seguintes dados:

Cultura: Algodoeiro herbáceo, cultivar: CNPA 7H
 Profundidade radicular efetiva (z_r): 30 cm (Estádio 1), 60 cm (Estádio 2), 90 cm (Estádios 3 e 4)
 Fator de reposição de água no solo (f): 0,3 (Estádio 1) / 0,4 (Estádio 2) / 0,5 (Estádios 3 e 4)
 Data de plantio: 15 de outubro

Disponibilidade total de água (DTA): 180 mm/m
 Solo com drenagem natural satisfatória

DTA no Estádio 1: $180 \text{ mm/m} \cdot 0,30 \text{ m} = 54 \text{ mm}$
 DTA no Estádio 2: $180 \text{ mm/m} \cdot 0,50 \text{ m} = 90 \text{ mm}$
 DTA nos Estádios 3 e 4: $80 \text{ mm/m} \cdot 0,70 \text{ m} = 126 \text{ mm}$

Temperatura Máxima (T_x) e Mínima (T_n): Tabela 2
 Radiação solar extraterrestre (R_a): Tabela 2

Pede-se:

Manejar a irrigação da cultura do algodão herbáceo CNPA 7H, no município de Guanambi, Bahia ($14^{\circ}47' \text{ S}$; $42^{\circ}47' \text{ W}$; 483 m) entre 25 de outubro e 20 de novembro.

Critério de irrigação: Repor a água extraída da zona radicular da cultura, trazendo o solo para a capacidade de campo a cada irrigação.

Resposta:

Evapotranspiração referência (ET₀): Método de Hargreaves – Tabela 2

Lâmina líquida de irrigação (LLi):

LLi no Estádio 1: 16 mm → ($DTA \cdot f = 54 \text{ mm} \cdot 0,3$)
 LLi no Estádio 2: 36 mm → ($90 \text{ mm} \cdot 0,4$)
 LLi nos Estádios 3 e 4: 63 mm → ($126 \text{ mm} \cdot 0,5$)

Manejo da irrigação com o balanço hídrico: Tabela 3

Tabela 2
Determinação da ET de referência pelo método de Hargreaves e fração do ciclo da cultura (Fc), em função da data

Data (1)	DAP (2)	Ra (mm/dia) (3)	Tx (°C) (4)	Tn (°C) (5)	Tm (°C) (6)	TD (°C) (7)	ETo (mm/dia) (8)	Fc (9)
25 out	10	16,7	30,4	19,7	25,0	10,7	5,4	0,08
26	11	16,7	30,6	19,8	25,2	10,8	5,4	0,08
27	12	16,7	30,6	20,1	25,4	10,5	5,4	0,09
28	13	16,7	30,9	19,0	25,0	11,9	5,7	0,10
29	14	16,7	31,2	20,0	25,6	11,2	5,6	0,11
30	15	16,7	31,0	19,0	25,0	12,0	5,7	0,12
31	16	16,7	31,1	19,3	25,2	11,8	5,7	0,12
1 nov	17	16,6	31,0	19,7	25,3	11,3	5,5	0,13
2	18	16,6	30,8	19,9	25,4	10,9	5,5	0,14
3	19	16,6	31,1	18,8	24,9	12,3	5,7	0,15
4	20	16,6	31,4	18,6	25,0	12,8	5,8	0,15
5	21	16,6	31,5	20,8	26,2	10,7	5,5	0,16
6	22	16,6	31,2	20,0	25,6	11,2	5,6	0,17
7	23	16,6	31,1	20,2	25,6	10,9	5,5	0,18
8	24	16,6	31,0	19,9	25,5	11,1	5,5	0,18
9	25	16,6	31,2	20,2	25,7	11,0	5,5	0,19
10	26	16,6	31,3	20,2	25,7	11,1	5,5	0,20
11	27	16,6	31,2	20,6	25,9	10,6	5,4	0,21
12	28	16,6	31,8	20,2	26,0	11,6	5,7	0,22
13	29	16,6	31,5	19,4	25,4	12,1	5,7	0,22
14	30	16,6	31,4	19,8	25,6	11,6	5,6	0,23
15	31	16,6	31,0	19,0	25,0	12,0	5,7	0,24
16	32	16,6	30,8	19,8	25,3	11,0	5,5	0,25
17	33	16,6	31,2	20,6	25,9	10,6	5,4	0,25
18	34	16,6	31,4	20,4	25,9	11,0	5,5	0,26
19	35	16,6	31,6	20,2	25,9	11,4	5,6	0,27
20	36	16,6	32,0	19,4	25,7	12,6	5,9	0,28

(DAP = Dias Após o Plantio; Tx = temperatura máxima do ar; Tn = temperatura mínima do ar; Tm = temperatura média do ar; TD = Tx - Tn = amplitude térmica do ar; Fc = DAP/130)

Observações sobre o Exemplo Prático 4

1. Os dados de temperatura das colunas quatro e cinco da Tabela 2 são hipotéticos e foram estimados de acordo com a época do ano apenas para efeito de exemplificar a aplicação do método do balanço hídrico. Isto implica dizer que os

valores de ETo obtidos são igualmente hipotéticos.

2. O preenchimento da Tabela 3 começou assumindo-se o solo na capacidade de campo em 10 DAP, após uma irrigação que completou o reservatório de água do solo. Nessas condições, $K_s = 1$ em 10 DAP.

3. Nas Tabelas 2 e 3, as linhas são preenchidas à medida que as informações vão se tornando

disponíveis, sempre com um dia de atraso, pois é fácil entender que os dados (meteorológicos) para um determinado dia só estão disponíveis no dia seguinte. Assim, a linha de 21 DAP, por exemplo, foi preenchida em 22 DAP. Isto é o que se denomina de 'programação da irrigação em tempo real'.

4. Na Tabela 2 utilizou-se o método de Hargreaves para determinação dos valores da ETo.

Tabela 3
Balanco hídrico do solo para manejo da irrigação da cultura do algodão herbáceo CNPA 7H, na região de Guanambi, Bahia

Data	Intervalo (DAP)	P (mm)	LLi (mm)	Dp (mm)	Et _o (mm/dia)	Kc	Ks	ETa (mm/dia)	Le _{hj} (mm)	Irriga? (S ou N)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
24	9	-	-	-	-	-	-	-	-	Sim
25	10	-	16,0	-	5,4	0,35	1,00	1,9	1,9	N
26	11	-	-	-	5,4	0,35	0,98	1,8	3,7	N
27	12	-	-	-	5,4	0,35	0,98	1,8	5,5	N
28	13	-	-	-	5,7	0,35	0,97	1,9	7,4	N
29	14	-	-	-	5,6	0,35	0,96	1,9	9,3	N
30	15	-	-	-	5,7	0,35	0,96	1,9	11,2	N
31	16	-	-	-	5,7	0,35	0,95	1,9	13,1	N
1/11	17	-	-	-	5,5	0,35	0,94	1,8	14,9	Sim
2	18	-	16,0	-	5,5	0,35	1,00	1,9	1,9	N
3	19	-	-	-	5,7	0,35	0,98	2,0	3,9	N
4	20	-	-	-	5,8	0,36	0,98	2,0	5,9	N
5	21	-	-	-	5,5	0,39	0,98	2,1	8,0	N
6	22	-	-	-	5,6	0,41	0,97	2,3	10,3	N
7	23	-	-	-	5,5	0,44	0,97	2,4	12,7	N
8	24	-	-	-	5,5	0,46	0,96	2,4	15,1	N
9	25	-	-	-	5,5	0,49	0,96	2,6	17,7	N
10	26	-	-	-	5,5	0,51	0,95	2,7	20,4	N
11	27	-	-	-	5,4	0,53	0,94	2,7	23,1	N
12	28	-	-	-	5,7	0,56	0,94	3,0	26,1	N
13	29	-	-	-	5,7	0,58	0,92	3,0	29,1	N
14	30	-	-	-	5,6	0,61	0,92	3,1	32,2	N
15	31	-	-	-	5,7	0,63	0,90	3,2	35,4	Sim
16	32	-	36,0	-	5,5	0,66	1,00	3,6	3,6	N
17	33	-	-	-	5,4	0,68	0,98	3,8	7,4	N
18	34	-	-	-	5,5	0,71	0,97	3,8	11,2	N
19	35	9,0	-	-	5,6	0,73	0,97	4,0	6,2	N
20	36	-	-	-	5,9	0,76	0,98	4,4	10,6	N

Estes poderiam ter sido diferentes para outro método adotado. A escolha de um outro método depende da disponibilidade de dados. Assumindo que pelo menos dados de temperatura máxima (Tx) e mínima (Tn) estariam disponíveis para a região de Guanambi, fez-se a opção pela equação de Hargreaves para estimativa da ET_o.

5. O estágio 1 do ciclo da

cultura (Kc constante = 0,35) estendeu-se até 19 DAP. Em 20 DAP iniciou-se o estágio 2, onde o Kc passou a variar continuamente com o tempo, segundo a equação 4.

6. Em 17 DAP a lâmina d'água extraída da zona radicular (coluna 10) era de 14,9 mm, valor próximo de 16 mm (30 % de 54 mm). Decidiu-se então por irrigar de acordo com a

estratégia estabelecida no enunciado do problema. Assim, em 18 DAP aplicou-se uma lâmina líquida de 16 mm.

7. Com a irrigação de 16 mm, o reservatório de água do solo foi reabastecido trazendo então o teor de água armazenada para a condição de capacidade de campo. Nestas condições, K_s = 1 (coluna oito) em 18 DAP. Nesse mesmo dia, a ET_a foi de

1,9 mm. Teoricamente $D_p = 1,1$ mm, ou seja, $16 - 14,9$. Na prática, como o valor é muito pequeno, assumiu-se D_p negligível (coluna cinco) em 18 DAP.

8. Para se obter qualquer valor de K_s (coluna oito), bastou dividir a lâmina d'água extraída da zona radicular acumulada até o dia anterior pela correspondente DTA, expressando o resultado em percentagem. De acordo com Oliveira et al. (2001), obteve-se então o K_s .

Exemplo: Determinar o valor de K_s para 17 DAP.

Extração % em 16 DAP = $(LE_{16\text{ DAP}} / DTA_{\text{estádio}}) \cdot 100 = (13,1 \text{ mm} / 54 \text{ mm}) \cdot 100 = 24 \%$
Assim, $K_s = 0,94$.

9. A Tabela 3 inclui uma ocorrência de chuva em 35 DAP. Nesse dia, 9,0 mm de chuva repôs parcialmente a lâmina d'água extraída acumulada até a véspera (11,2 mm). A diferença (2,2 mm) somada à $ET_a = 4,0$ mm em 36 DAP, acumulou uma lâmina d'água extraída de 6,2 mm. Se em 35 DAP, a chuva tivesse sido superior a 11,2 mm, o excesso teria percolado (D_p) e o K_s em 36 DAP seria 1, pois havendo drenagem profunda, entende-se que a umidade do solo é recuperada ao valor correspondente à capacidade de campo.

10. O exemplo da Tabela 3 incluiu apenas parte do estágio 1 e parte do estágio 2 do ciclo da cultura. No estágio 1, até 19 DAP, o K_c foi constante e igual 0,35. A partir de 20 DAP, o K_c passou a ser calculado pela equação 4.

Considerações Finais

Uma das vantagens do método do BHR apresentado neste trabalho é a de permitir um manejo da irrigação em tempo real, de forma que a lâmina de irrigação é determinada com base em informações meteorológicas simultâneas ao crescimento e desenvolvimento da planta. Esta característica pressupõe uma estimativa mais fiel das necessidades de água da cultura. Entre as desvantagens está a exigência de se conhecer dia após dia todas as variáveis da equação do BHR (equação 4). No que se refere aos dados meteorológicos, isso em geral só é possível com o uso de instrumentos específicos instalados na propriedade ou com a utilização de fontes disponibilizadas na Internet diariamente por algum serviço oficial de coleta de dados.

As estimativas da lâmina de irrigação através do BHR podem divergir da lâmina real de água extraída da zona radicular das raízes. Assim, recomenda-se a determinação periódica do teor de água no solo como um procedimento seguro, de forma a permitir ajustes no BHR a partir de informações oriundas de campo sobre o teor de água no solo. É importante destacar que somente a experiência de campo e a familiaridade com o método do BHR proporcionarão ao usuário a segurança necessária para a correção de eventuais falhas e problemas na aplicação do método. É fundamental que o irrigante tenha conhecimento da cultura, do solo e do ambiente atmosférico para tirar o melhor deste método de manejo da irrigação.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. E. P. de et al. Coeficientes de cultivo das principais culturas anuais. *Irrigação e Tecnologia Moderna*, Brasília, n.52/53, p.49-63, 2001/2002.
- ALLEN, R. G. et al. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BEZERRA, J. R. C. et al. Irrigação do algodoeiro herbáceo. In: BELTRÃO, N. E. de M. *O agronegócio do algodão no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v.2. p.617-682.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. *Crop water requirements*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1977. 144p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).
- HARGREAVES, L. G., HARGREAVES, G. H.; RILEY, J. P. Irrigation water requirements for Senegal River Basin. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, New York, v.111, n.3, p.265-275, 1985.
- LANDIVAR, J.; VIEIRA, R. de M.; BELTRÃO, N. E. de M. Monitoramento do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. de M. *O agronegócio do algodão no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v.2. p.473-491.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. *Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Hortaliças, 2001. 11p.
- OLIVEIRA, A. S. de et al. Programação da irrigação pelo método do balanço de água no solo. I. Teoria. *Bahia Agrícola*, Salvador: Seagri, v.4, n.2, p.52-59, nov. 2001.
- SOUZA, J. G. de; BELTRÃO, N. E. de M. Fisiologia. In: BELTRÃO, N. E. de M. *O agronegócio do algodão no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v.2. p.87-116.